

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-017069

(43)Date of publication of application : 19.01.1996

(51)Int.Cl.

G11B 7/135

G11B 7/09

(21)Application number : 06-150155

(71)Applicant : OLYMPUS OPTICAL CO LTD

(22)Date of filing : 30.06.1994

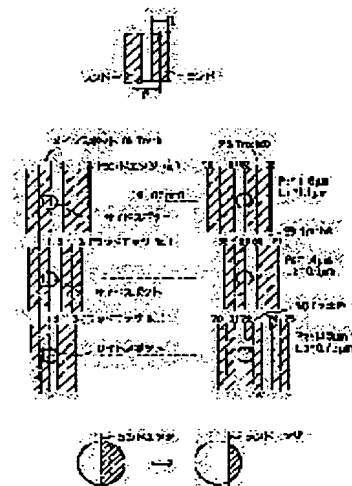
(72)Inventor : HOSAKA YOICHI  
FUJIKAWA KAZUHIRO  
NAKANO OSAMU

## (54) OPTICAL PICKUP DEVICE

## (57)Abstract:

PURPOSE: To adapt the optical pickup device to an optical disk of different standards by slanting an optical head according to a track pitch and adjusting the position of a side spot.

CONSTITUTION: An optical system has a diffracting means 53 which splits the laser light from a laser output means 50 into a main spot and a subordinate spot and the interval of the subordinate spot to the main spot in a track pitch direction is so determined that the deterioration rate of a signal is suppressed within 5%. For the purpose, the means are so arranged satisfying the conditions shown by the expressions, and an optical detection part has an optical detecting element which detects reflected light corresponding to the main spot and an optical detecting element which detects reflected light corresponding to the side spot. In the expressions,  $n1-nm$  are the number of tracks,  $P1-Pm$  track pitches,  $L1-Lm$  land widths,  $(m)$  the number of optical recording media used as media of different standards, '+' an edge which is far from the main spot on the track irradiate with the side spot, and '-' an edge which is close to the main spot.



$$\begin{aligned} &P1 \cdot P1 \cdot (L1/2 \text{ or } -L1/2) \\ &= n2 \cdot P2 \cdot (L2/2 \text{ or } -L2/2) \\ &= n3 \cdot P3 \cdot (L3/2 \text{ or } -L3/2) \\ &\dots \\ &= nm \cdot Pm \cdot (Lm/2 \text{ or } -Lm/2) \end{aligned}$$

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-17069

(43) 公開日 平成8年(1996)1月19日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 1 1 B	7/135	Z 7247-5D		
	7/09	C 9368-5D		

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平6-150155

(22) 出願日 平成6年(1994)6月30日

(71) 出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社  
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(72) 発明者 穂坂 洋一

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ  
ンパス光学工業株式会社内

(72) 発明者 藤川 一広

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ  
ンパス光学工業株式会社内

(72) 発明者 中野 治

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ  
ンパス光学工業株式会社内

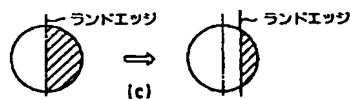
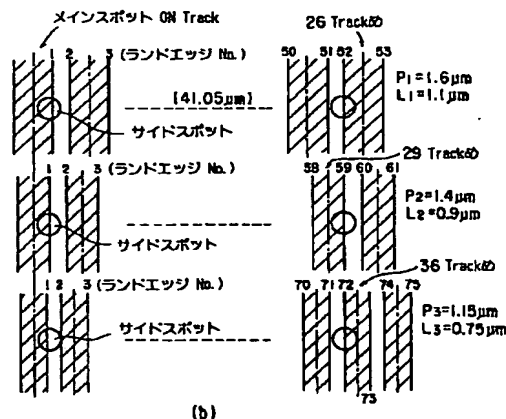
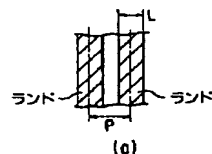
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦

(54) 【発明の名称】 光ピックアップ装置

(57) 【要約】

【目的】異なる規格の光ディスクに対応してヘッド部分を駆動するための駆動手段などを必要としない互換性のある光ピックアップ装置を提供する。

【構成】本発明の光ピックアップ装置は、3ビーム方式を採用しており、サイドスポットの中心に、異なるトラックピッチを有する光ディスクのランド部のエッジが来るように、サイドスポットのメインスポットに対するトラッキング方向の距離を予め設定しておく。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 レーザ出力手段と、このレーザ出力手段からのレーザ光を光学的記録媒体に導くと共に、前記光学的記録媒体からの反射光を導出する光学系と、前記反射光を検出する光検出部と、を有する光ピックアップ装置において、

前記光学系は、前記レーザ出力手段からのレーザ光をメインスポット及びサブスポットに分割する回折手段を有していると共に、前記光学的記録媒体に対して、メインスポットに対するサブスポットのトラックピッチ方向の間隔が、信号の劣化率が5%以内に抑えられるように、

$$\begin{aligned} & n1 \cdot P1 \quad (+L1/2 \text{ or } -L1/2) \\ & \approx n2 \cdot P2 \quad (+L2/2 \text{ or } -L2/2) \\ & \approx n3 \cdot P3 \quad (+L3/2 \text{ or } -L3/2) \approx \dots \\ & \dots \approx nm \cdot Pm \quad (+Lm/2 \text{ or } -Lm/2) \end{aligned}$$

( $n1 \sim nm$  ; トラック数、 $P1 \sim Pm$  ; トラックピッチ、 $L1 \sim Lm$  ; ランド幅、 $m$  ; 異なる規格として用いられる光学的記録媒体の数、+ ; サイドスポットが照射するトラックにおけるメインスポットから遠い方のエッジ、- ; サイドスポットが照射するトラックにおけるメインスポットから近い方のエッジ) を満足するように配

されており、  
前記光検出部は、前記メインスポットに対応する反射光を検出する光検出素子と、サイドスポットに対応する反射光を検出する光検出素子と、を有することを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項2】 レーザ出力手段と、このレーザ出力手段からのレーザ光を光学的記録媒体に導くと共に、前記光学的記録媒体からの反射光を導出する光学系と、前記反射光を検出する光検出部と、を有する光ピックアップ装置において、

前記光学系は、前記レーザ出力手段からのレーザ光をメインスポット及びサブスポットに分割して前記光学的記録媒体上に照射する回折手段を有しており、

前記レーザ出力手段は、前記光学的記録媒体の異なる複数のトラックピッチに適応する波長の光を射出する複数の光源を有しており、

前記光検出部は、前記複数の光源から射出された光をそれぞれ受光する共通の光検出器を有することを特徴とする、光ピックアップ装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、トラックピッチの異なる2種類以上の光学的記録媒体（以下、光ディスクと称する）に好適に対応できる光ピックアップ装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術及びその課題】 光ディスクの記録／再生装置において採用されているトラッキングサーボ方式において、トラッキング誤差信号を検出するためにサイドス

ポットを用いた方式が知られており、例えば、3スポット方式やDPP（差動プッシュプル）方式が存在する。

【0003】 図1（a）は、3スポット方式を採用した場合の一般的な光学式ピックアップ装置の構成を示している。レーザダイオード1から射出された光は、回折格子2によって、0次、±1次光に分割され、これらの光は、偏向ビームスプリッタ3、コリメータレンズ4、1/4波長板5、対物レンズ6を介して光ディスク17に、メインスポット及び一対のサイドスポットとして照射される。そして、光ディスク17から反射された光成分は、同一の経路を戻り偏向ビームスプリッタ3で90°偏向されて凹レンズ7、シリンドリカルレンズ8を介して光検出部に入射する。図1（b）に示すように、メインスポットにかかる反射光成分は、A、B、C、D4つに分割された光ディテクタ9によって検出され、サイドスポットにかかる反射光成分は、それぞれ光ディテクタ10、11によって検出される。

【0004】 4分割光ディテクタ9のそれぞれの光検出部A～Dによって得られる検出光量に応じた信号（SA、SB、SC、SD）は、加算器によって加算され、これにより再生信号が得られる。再生信号＝（SA＋SC）＋（SB＋SD）。また、非点収差方式により、上記得られた信号の（SA＋SC）－（SB＋SD）を検出することによってフォーカスエラー信号が得られる。さらに、光ディテクタ10、11の検出光量に応じた信号（SE、SF）の差（SE－SF）を検出することにより、トラッキングエラー信号が得られる。これらのフォーカスエラー信号、トラッキングエラー信号に基づいて、光スポットが、光ディスク17のトラックに追従し合焦状態と成るように、対物レンズ6はフォーカシング制御、トラッキング制御が成される。

【0005】 図1（b）に示すように、光ディスク上のトラック $T_{n-1}$ 、 $T_n$ 、 $T_{n+1}$ ……がトラックピッチ $p$ で形成されている場合において、メインスポット20がトラック中心上にあるときに、サイドスポット21、22は、トラック中心から $+q$ 又は $-q$ （ $q=p/4$ ）だけトラックピッチ方向にずれて照射される。つまり、このような照射を行うために、回折格子2は、トラック接線方向に対して角度 $\theta_g$ をもって設定される。もちろん、光ディテクタ10、11の配置位置もこれに応じて設定される。

【0006】 ところで、レーザ光源の短波長化や光ディスクの記録密度の高密度化が進むにつれ、光ディスクのトラックピッチがより狭く設定されることになり、これによってトラックピッチの異なる2種類以上の光ディスクが出現する。これに対応して、光ピックアップ装置側では、サイドスポット21、22の照射位置がトラックの中心から1/4トラックずれるように、回折格子2の配置を設定し、さらに光ディテクタ10、11の配置もこれに対応させれば良いわけであるが、この場合、トラ

ックピッチの異なる光ディスクに対する互換性が阻害されてしまう。

【0007】例えば、トラックピッチが1.15  $\mu\text{m}$  (4倍)の光ディスクに対応した光ピックアップ装置を構成した場合、この光ピックアップ装置を用いて従来のCD (ROMディスク)のようにトラックピッチが1.6  $\mu\text{m}$  (1倍)の光ディスクを再生しようとする、光ディテクタ10, 11に検出される、サイドスポット21, 22 (トラック中心から $\pm 1/4$ トラックピッチの位置となっていない)による反射光は非常にS/Nの悪いものとなり、光ディテクタ10, 11の出力について十分なゲインが得られず安定したトラッキングサーボをかけることが困難となる。

【0008】また、DPP方式においても、サイドスポットによる反射光を利用してトラッキングエラー信号を生成しているが、この場合、サイドスポットの位置はメインスポットより $1/2$ トラックピッチずれている場合に、光ディテクタの出力として最大ゲインが得られるものである。従って、トラックピッチが異なった場合はサイドスポット反射光の検出出力としては、S/Nの低下は避けられず、同様な問題が生じる。

【0009】上述したような、トラックピッチが異なるディスクを用いて信号を再生する場合に生じる問題を具体的に説明する。ランド部が形成されているディスクにおいて、そのトラックピッチをP、ランド幅をLとする (図2 (a) 参照)。このようなディスクにおいて、P、Lの値が異なる、例えば3種類のディスクを図2

(b) に示す。すなわち、上から順に、 $P_1 = 1.6 \mu\text{m}$ ,  $L_1 = 1.1 \mu\text{m}$ ,  $P_2 = 1.4 \mu\text{m}$ ,  $L_2 = 0.9 \mu\text{m}$ ,  $P_3 = 1.15 \mu\text{m}$ ,  $L_3 = 0.75 \mu\text{m}$ のディスクをそれぞれ示している。この場合、メインスポット (図示せず) がトラックにONしており、サイドスポットの中心がランドエッジにあるときをベストの状態とする。今、光ピックアップ装置が、 $P_2 = 1.4 \mu\text{m}$ ,  $L_2 = 0.9 \mu\text{m}$ の光ディスク用に設定されているとする。この場合、サイドスポットは、その直径が、図2 (b) の中央に示すように、ランドエッジ上に位置している。この状態のままで、図2 (b) の上下に示すように、異なる規格のディスクを用いたとすると、サイドスポットは、その中心がランドエッジから外れてしまう。すなわち、トラックピッチが広がれば、サイドスポットはランドエッジから内側を照射し (図2 (c) 参照)、狭くなれば外側を照射する。

【0010】従って、異なる規格の光ディスクを用いれば、トラックエラー信号の感度は劣化してしまい、十分なトラックサーボをかけることができない。上記問題点を解決するため、特開平5-242520号公報、及び特開平5-234107号公報には、異なる規格の光ディスクが使用されても、安定したトラックサーボをかけることが可能な光ピックアップ装置が開示されている。

【0011】上記特開平5-242520号公報に開示された技術によれば、トラックピッチに応じて光ヘッドを傾けてサイドスポットの位置を調整し、これにより異なる規格の光ディスクに対応するように構成されている。

【0012】しかしながら、この公報に開示されている技術では、単に光ヘッドを傾ける、と記載しているだけで、光ヘッドを傾けるための具体的な手段については何等開示されていない。通常、光ヘッドを傾けるためには、モータ等の駆動手段、駆動機構等が必要となり、必然的に装置全体が大型化、複雑化すると共に、コストアップしてしまう。

【0013】また、上記特開平5-234107号公報に開示された技術によれば、複数種類の回折格子を用いて、トラックピッチの異なる光ディスクに対応したサイドスポットが得られるように構成している。

【0014】しかしながら、回折格子は、光を分散させる機能を有しているため、使用する数を多くすればするほど光ディスクに到達する光量が減少してしまう。一般的には、回折格子を1回通過した光は、メインビームで約80%の光量に減少する。従って、2個の回折格子を用いれば、光量は約64%、3個の回折格子を使用すれば、51%となってしまう。この場合、 $\pm 1$ 次光であるサイドビームは、更に光量が減少してしまう。これを補うためには、高出力のレーザ光源を用いる必要があるが、現在でも高出力レーザ光源を使用する追記型や書換え型の光ディスクに対して、使用が極めて困難となっている。

【0015】この発明は上記問題点を解決するためになされたものであり、異なる規格の光ディスクに対応してヘッド部分を駆動するための駆動手段等を用いることなく、また、光量変化が生じることのない、光ディスクの互換性を実現する光ピックアップ装置を提供することを目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するために、本発明は、レーザ出力手段と、このレーザ出力手段からのレーザ光を光学的記録媒体に導くと共に、前記光学的記録媒体からの反射光を導出する光学系と、前記反射光を検出する光検出部と、を有する光ピックアップ装置において、前記光学系は、前記レーザ出力手段からのレーザ光をメインスポット及びサブスポットに分割する回折手段を有していると共に、前記光学的記録媒体に対して、メインスポットに対するサブスポットのトラックピッチ方向の間隔が、信号の劣化率が5%以内に抑えられるように、

$$\begin{aligned} & n_1 \cdot P_1 (+L_1/2 \text{ or } -L_1/2) \\ & \approx n_2 \cdot P_2 (+L_2/2 \text{ or } -L_2/2) \\ & \approx n_3 \cdot P_3 (+L_3/2 \text{ or } -L_3/2) \approx \dots \\ & \dots \approx n_m \cdot P_m (+L_m/2 \text{ or } -L_m/2) \end{aligned}$$

( $n_1 \sim n_m$  ;トラック数、 $P_1 \sim P_m$  ;トラックピッチ、 $L_1 \sim L_m$  ;ランド幅、 $m$  ;異なる規格として用いられる光学的記録媒体の数、+ ;サイドスポットが照射するトラックにおけるメインスポットから遠い方のエッジ、- ;サイドスポットが照射するトラックにおけるメインスポットから近い方のエッジ)を満足するように配されており、前記光検出部は、前記メインスポットに対応する反射光を検出する光検出素子と、サイドスポットに対応する反射光を検出する光検出素子と、を有することを特徴としている。

【0017】また、本発明は、レーザ出力手段と、このレーザ出力手段からのレーザ光を光学的記録媒体に導くと共に、前記光学的記録媒体からの反射光を導出する光学系と、前記反射光を検出する光検出部と、を有する光ピックアップ装置において、前記光学系は、前記レーザ出力手段からのレーザ光をメインスポット及びサブスポットに分割して前記光学的記録媒体上に照射する回折手段を有しており、前記レーザ出力手段は、前記光学的記録媒体の異なる複数のトラックピッチに適応する波長の光を射出する複数の光源を有しており、前記光検出部は、前記複数の光源から射出された光を受光する共通の光検出器を有することを特徴としている。

【0018】

【作用】請求項1に記載された発明によれば、3ビーム方式を採用する光ピックアップ装置において、メインスポットがONしているトラックを基準としたサイドスポットのトラッキング方向の距離を、記録密度の異なる光ディスクが用いられても常にサイドスポットの中心がランド部のエッジの位置となるように、予め設定しておく。すなわち、使用される可能性がある光ディスクのトラックピッチ、ランド幅を基にして、サイドスポットの中心が、どの光ディスクでもランド部のエッジの位置となるように計算し、その導き出された値に基づいて、回折格子等の光学要素を設定する。

【0019】請求項3に記載された発明によれば、光ピックアップ装置の光源として、記録/再生しようとする光ディスクのトラックピッチに合わせて、最適な波長となる、複数種の光源を予め配しておく。

【0020】また、メインスポット及びサイドスポットによる反射光を検出する光検出部においては、それぞれの波長の光源によるメインスポット及びサイドスポットの反射光に対応する複数組の光検出器を配する。トラッキングエラー信号検出方法として、記録/再生する光ディスクのトラックピッチに対応する所定の波長の光を射出する光源を選択して使用すると共に、それに対応する光検出器からの所定の出力信号を選択的に用いてトラッキングエラー信号を検出するようにする。

【0021】

【実施例】最初に、本発明に係る光ピックアップ装置の基本的原理について詳細に説明する。

(A) 図2を参照して説明したように、サイドスポットの照射位置が一定となっているピックアップ装置では、トラックピッチ $P$ が異なると、サイドスポットの照射位置が変化してしまう。ここで、サイドスポットの中心が、図2(b)の中央に示されている $P_2 = 1.4 \mu\text{m}$ の光ディスクの、ランドエッジNo. 1, 2, 3……に来るように、予めピックアップ装置を調整したと仮定する。この状態で $P_1 = 1.6 \mu\text{m}$ の光ディスク、及び $P_3 = 1.15 \mu\text{m}$ の光ディスクを用いた場合のそれぞれの光ディスクでの信号の感度劣化の状態を図3, 4のグラフに示す。サイドスポットの中心が、ランドエッジNo. 1にあるとき、 $P_1 = 1.6 \mu\text{m}$ の光ディスクでは4%の信号の感度劣化が生じ、 $P_3 = 1.15 \mu\text{m}$ の光ディスクでは17%の信号の感度劣化が生じた( $P_2 = 1.4 \mu\text{m}$ の光ディスクでは、常に感度劣化は0である)。

【0022】また、サイドスポットの中心が、 $P_2 = 1.4 \mu\text{m}$ の光ディスクの、ランドエッジNo. 2に来るように、予めピックアップ装置を調整したと仮定する。この状態で、 $P_1 = 1.6 \mu\text{m}$ の光ディスクでは19%の感度劣化が生じた。なお、 $P_3 = 1.15 \mu\text{m}$ の光ディスクでは20%以上の感度劣化が生じた。このように、サイドスポットの中心が、 $P_2 = 1.4 \mu\text{m}$ の光ディスクの、いずれかのランドエッジNo. 1に来るように、予めピックアップ装置を調整しておけば、あるランドエッジNo. 1において、 $P_1 = 1.6 \mu\text{m}$ 及び $P_3 = 1.15 \mu\text{m}$ の両光ディスクに対して、信号の感度劣化が非常に少ない場合が生じる。

【0023】ここで、上記信号の感度劣化に関して説明する。サーボ系のゲイン交点は基準の入力信号に対して最適化されている。この基準のトラッキングエラー信号に対して信号の感度が変化すると、それに伴ってサーボ系のゲイン交点も変化する。ゲイン交点が下がればサーボ残差が増加し、ゲイン交点が上がればゲイン/位相余裕が無くなり、サーボ動作が不安定となる。この理由により、ピックアップのトラッキングエラー信号の振幅の変動は小さければ小さいほど良い。すなわち、上記信号の感度劣化が、小さければ小さいほど、トラッキングエラー信号の振幅の変動は小さくなり、より安定したサーボ動作が得られる。一般的に、製造時の誤差、経時劣化等を考慮して、上記信号の感度劣化を、ほぼ5%以内に抑えることが好ましい。

【0024】実験結果を示した図3及び図4のグラフを参照して具体的に説明する。なお、以下の説明では、メインスポットに対してサイドスポットの照射されているトラックの外側(遠い方)のエッジを外側エッジ(外側ランドエッジ)と、メインスポットに対してサイドスポットの照射されているトラックの内側(近い方)のエッジを内側エッジ(内側ランドエッジ)と称する。

【0025】サイドスポットの中心を $P_2 = 1.4 \mu\text{m}$

の光ディスクの、ランドエッジNo. 59 (29トラックめの外側エッジに対応)にあるように調整したとき、 $P1 = 1.6 \mu\text{m}$  の光ディスクに対して信号の感度劣化がほぼ0%、 $P3 = 1.15 \mu\text{m}$  の光ディスクに対しては、信号の感度劣化が0.5%程度という好結果が得られている。すなわち、この時のトラックエラー信号の位相がずれることによる感度変化は0.5%と非常に小さく、トラッキングエラー信号も同等のものが得られ、安定したトラッキングサーボが実現できる。

【0026】これは、 $P1 = 1.6 \mu\text{m}$ 、 $P3 = 1.15 \mu\text{m}$  の両光ディスクを用いた場合に、いずれもサイドスポットが、あるトラックのランドエッジに位置することを示している。すなわち、図2(b)に示されているように、サイドスポットは、 $P1 = 1.6 \mu\text{m}$  の光ディスクでは、26トラックめの内側ランドエッジ(エッジNo. 52)にあり、 $P3 = 1.15 \mu\text{m}$  の光ディスクでは、36トラックめの内側ランドエッジ(エッジNo. 72)にある。従って、3つの光ディスクの内、どの光ディスクを用いても、サイドスポットの中心はトラックのランドエッジに位置し、良好なトラッキングエラー信号が検出できる。なお、このサイドスポットの位置は、メインスポットからのトラック方向の距離が41.05  $\mu\text{m}$  となっている。

【0027】また、グラフに示されていないが、サイドスポットの中心を $P2 = 1.4 \mu\text{m}$  の光ディスクの、ランドエッジNo. 38 (19トラックめの内側エッジ)にあるように調整したとき、それぞれの光ディスクに対して信号の感度変化は4.9%程度という好ましい結果が得られている。図5に示すように、このとき、 $P1 = 1.6 \mu\text{m}$  の光ディスクのサイドスポットは、16トラックめの外側ランドエッジ(エッジNo. 33)にあり、 $P3 = 1.15 \mu\text{m}$  の光ディスクでは、23トラックめの内側ランドエッジ(エッジNo. 46)にある。なお、このときのサイドスポットの位置は、メインスポ

$$\begin{aligned} & n1 \cdot P1 (+L1/2 \text{ or } -L1/2) \\ & \approx n2 \cdot P2 (+L2/2 \text{ or } -L2/2) \\ & \approx n3 \cdot P3 (+L3/2 \text{ or } -L3/2) \approx \dots \\ & \dots \approx nm \cdot Pm (+Lm/2 \text{ or } -Lm/2) \dots \dots \dots (1) \end{aligned}$$

( $n1 \sim nm$  ; トラック数、 $P1 \sim Pm$  ; トラックピッチ、 $L1 \sim Lm$  ; ランド幅、 $m$  ; 異なる規格として用いられる光学的記録媒体の数、+ ; サイドスポットが照射するトラックにおけるメインスポットから遠い方のエッジ、- ; サイドスポットが照射するトラックにおけるメインスポットから近い方のエッジ)、を満足する位置にサイドスポットを配置することによって規格の異なるすべての光ディスクに対して互換性を持たせることができる。この式(1)において、図2(b)によれば、+の場合には奇数番号のエッジ、-の場合には偶数番号のエッジに対応する。また、この場合、各光ディスクに対して、信号の感度劣化が5%以内に抑えられる範囲で、上

ットからのトラック方向の距離が26.15  $\mu\text{m}$  となっている。

【0028】さらに、図3に示すグラフによれば、サイドスポットの中心を $P2 = 1.4 \mu\text{m}$  の光ディスクの、ランドエッジNo. 6にあるように調整したとき、 $P1 = 1.6 \mu\text{m}$  の光ディスクに対しては、信号の感度劣化がほぼ0%、 $P3 = 1.15 \mu\text{m}$  の光ディスクに対しては、信号の感度劣化が4.9%程度という好結果が得られている。図6に示すように、このとき、 $P1 = 1.6 \mu\text{m}$  の光ディスクのサイドスポットは、2トラックめの外側ランドエッジ(エッジNo. 5)にあり $P3 = 1.15 \mu\text{m}$  の光ディスクでは、3トラックめの内側ランドエッジ(エッジNo. 7)にある。なお、このときのサイドスポットの位置は、メインスポットからのトラック方向の距離が3.75  $\mu\text{m}$  となっており、その分記録領域の使用部分が広がる。

【0029】以上をまとめると、規格の異なる2枚の光ディスクに対して互換性を持たせようとする場合、まず、1つの光ディスクを選択し、サイドスポットの位置が、その選択された光ディスクのランド部のエッジに位置するように、予めその距離を設定する。この距離は、トラックピッチを $P1$ 、ランド幅を $L1$  とすると、 $n1 \cdot P1 (+L1/2 \text{ or } -L1/2)$  で与えられる。ここで $n1$  は、メインスポットがONしたトラックの隣のトラックから順に数えたトラック本数を表わし自然数である。そして、この式で与えられる距離が、他の光ディスク(トラックピッチを $P2$ 、ランド幅を $L2$  とする)のランドのエッジ位置である、 $n2 \cdot P2 (+L2/2 \text{ or } -L2/2)$  と等しくなるか、ほぼ等しくなれば、異なる2種類の光ディスクに対して互換性を持たせることができる。

【0030】この結果、互換性を持たせる光ディスクの種類が多くなれば、その種類に応じて

記式を満たす距離が決定される。

【0031】実際の光ピックアップ装置では、例えば、回折手段である回折格子のピッチ、配置角度等を、サイドスポットの位置が上記(1)式を満たすような距離となるように、予め設定された状態で作製される。

(B) 前述したサイドスポットによる反射光を用いてトラッキングエラー信号を生成する方式を採用する場合、例えば、3ビーム法では、図7(a)に示すように、光源からのレーザ光は回折格子によって分割され、光ディスク面上に、図7(c)もしくは(d)に示すように、3つの光スポットを結ぶ。この場合、図7(b)に示すように、回折格子を光軸回りに回転調整すること

によって、サイドスポットの照射位置がトラックの中心から1/4トラックピッチだけずれるようにする。具体的には、回折格子を、光軸回りで光ディスクのタンジェンシャル方向(Tan.)に対して $\theta$ 回転させると、光ディスクに照射される光スポットは、光ディスクのタンジェンシャル方向から $\theta$ 傾くので、サイドスポットの位置が1/4トラックピッチだけずれるように、回折格子の回転角度 $\theta$ を調整すれば良好なトラッキング信号が得られる。

【0032】図(c)の場合において、使用するレーザの波長を $\lambda_a$ 、回折格子のピッチを $P_g$ 、回折格子を傾ける角度を $\theta$ 、図(c)に示す光ディスクAのトラックピッチを $P_a$ 、メインスポットとサイドスポットとの間の距離を $L_a$ とすると、 $L_a = k / P_g \cdot \lambda_a \cdot \sin \theta = (P_a / 4) / L_a$ 、なる関係がある。ここで $k$ は、上記以外の光学系により決まるもので、この場合、光学系を固定すると定数となる。 $\theta$ を一定(回折格子固定)とすると、この式はトラックピッチが $P_a$ の光ディスクを再生するための最適な光源の波長 $\lambda_a$ を与えることになる。

【0033】この関係から、図7(d)に示すように、トラックピッチが $P_b$ の光ディスクBを、上記のままの光学系を持つ光ピックアップ装置で再生することを考える。これは、トラックピッチが $P_b$ の光ディスクにサイドスポットを対応させるためには、回折格子を回転調整して $\theta$ を変えるか、あるいは回折格子のピッチを変える必要があり、いずれの方法も、機構的に複雑な構成となったり、電気的な制御系が複雑になる等、の欠点があるからである。

【0034】トラックピッチが $P_b$ の光ディスクを、上記のままの光学系を持つ光ピックアップ装置で再生するためには、光源の波長を $\lambda_a$ から次式を満たす $\lambda_b$ に変えれば良いことが分かる。 $\lambda_b / \lambda_a = P_b / P_a$ 。なお、図7(c)、(d)に示す2種類の光ディスクでは、 $P_b > P_a$ 、 $\lambda_b > \lambda_a$ である。

【0035】つまり、用いられる光ディスクに対応して、その光ディスクのトラックピッチに最適な波長 $\lambda_a$ 又は $\lambda_b$ を与える光源を切換える構成とすることにより、光学系はそのままの光ピックアップ装置を用いて、トラックピッチが $P_a$ 、 $P_b$ の2種類の光ディスクに対し、常に最適の条件でトラッキングエラー信号を生成することが可能になる。また、同時に光スポットの大きさも変化するので、データ信号の再生条件も最適化される。

【0036】以下、上述した原理(A)を用いた光ピックアップ装置の実施例を説明する。図8(a)は、光ピックアップ装置の全体的な概略構成を示す図である。レーザ光源20から射出されたレーザ光は、コリメータレンズ21によって平行光束にされ、回折格子22に入射し、ここで3分割される。3分割された光は、プリズム

24によって2つの経路に分けられ、片方の光は前方モニタ25に入射し、レーザ光源20から射出されるレーザ光のパワーを制御する。他方の光は、図(b)に示すように、立上げミラー26で反射された後、対物レンズ27によって集束され、光ディスク30上に3つのスポットを投射する。

【0037】光ディスク30で反射された光は、同一の経路を戻り、プリズム24によって反射され、1/4波長板33、集光レンズ35を介してビームスプリッタ37に入射する(図(c)参照)。そして、ここで2分割された光は、光検出器40、41にそれぞれ入射し、サーボ信号、RF信号が生成される。

【0038】このように構成された光ピックアップ装置において、その光学系は、光ディスクに投射される光スポットが前記(A)の(1)式を満たすように、予め設定されている。これは、用いられる可能性がある異なる規格の光ディスクに対応してサイドスポットのトラック方向へのずれの距離が、前記(A)の(1)式によって設定されており、例えば、回折格子22のピッチ、回転角度等によって予め設定されている。このため、この光ピックアップ装置によれば、異なる光ディスクに対応して、サイドスポットの位置を変えるような回折格子の駆動機構等は必要とされない。

【0039】また、本発明の原理は、図8に示された光ピックアップ装置以外にも、例えば特開平5-307759号に開示されているような、ユニット化された光ピックアップ装置においても応用することができる。この場合、HOE(Hologram optical Element)のグレーティングを、ビームの分離間隔が前記(A)の(1)式を満たすように、予め設定しておけば良い。このようにユニット化された光ピックアップ装置でも、前記(A)で述べたように構成しておくことによって、より小型、計量化された互換性のある光ピックアップ装置が得られる。もちろん、その他にも、本発明は、3ビーム法が用いられる光ピックアップ装置すべてに応用することができる。

【0040】次に、上述した原理(B)を用いた光ピックアップ装置の実施例を説明する。図9は、光ピックアップ装置の全体的な概略を示す図である。この光ピックアップ装置は、用いられる2種類の光ディスクに対して、適切な波長のレーザ光を射出する、2つのレーザ光源50a、50bを有している。レーザ光源50a又は50bから射出されたレーザ光は、それぞれ、コリメータレンズを介してプリズム52に入射し、回折格子53及びAPC用の光検出器55に向けられる。この光検出器55からの信号は、LDドライバ75に入力され、レーザ光を射出しているレーザ光源の出力を制御する。また、回折格子53に向けられた光は、ここで3分割され、プリズム57、対物レンズ59を介して、光ディスク60a(60b)上に3つのスポットとして集束され

る。

【0041】そして、光ディスク60a(60b)からの3つのスポットの反射光は、プリズム57で反射され、集光レンズ62及びフォーカスエーラ検出用光学系63を介して、それぞれ光検出器67~69で検出される。これらの検出器で検知された信号は信号処理回路70を介してCPU71に入力される。CPU71は、図示されていないサーボ機構を駆動するための駆動手段に接続されており、光検出器67~69で得られた信号に基づいて、光スポットが常に光ディスクのトラックに合

焦、追従するようにサーボ信号を発生する。

【0042】また、信号処理回路70及びCPU71は、トラックピッチ判定回路73を介してLDドライブ75に接続されており、取り込まれた光ディスク60aまたは60bに対して、適切なレーザ光源50a又は50bを選択するようになっている。具体的に本実施例における光ディスクのトラックピッチ判別方法について説明する。まず、取り込まれた光ディスクに対して、短波長である $\lambda_a$ の光源50aを用いて再生を行い、再生が可能であれば、光ディスクのフォーマット中にあるディスク情報を確認し、トラックピッチ判定回路73で最終的に使用する光源を確定する。この場合、短波長での再生が不可能であった場合には、次に波長 $\lambda_b$ の光源50bに切替えて再生を試み、再生が可能であれば、前記同様にディスク情報に従って使用する光源を確定する。また、どちらの光源でも再生できなかつたり、ディスク情報を再生した結果、適応できる光源を持っていない場合は、光ディスク不適合として記録/再生を行わないようにする。これは、トラッキングエラー信号が不安定な状態で記録/再生を行って、データを破壊したり、誤読したりすることを避けるためである。

【0043】次に、図10を参照して、実際に光ディスク上での3つのビームスポットと、各ビームスポットの反射光を検出する光検出器67~69との関係を説明する。この図では、トラックピッチがPaの光ディスク60aとトラックピッチがPbの光ディスク60bの2種類が上下に分割して示してある。光検出器67は4分割されており、それぞれの検出部を67a, 67b, 67c, 67dとする。また、トラックピッチがPaの光ディスク60aに照射される光スポットの内、メインスポットは80aで、+1次光によるサイドスポットは81aで、-1次光によるサイドスポットは82aで、それぞれ示されており、同様に、トラックピッチがPbの光ディスク60bに照射される光スポットの内、メインスポットは80bで、+1次光によるサイドスポットは81bで、-1次光によるサイドスポットは82bで、それぞれ示されている。

【0044】図9において示された回折格子53は、トラックの接線方向に対して $\theta$ の角度をもって配されている。この配置状態で、それぞれの光源50a及び50b

から射出されたレーザ光が回折格子53によって分割されたときに、共にそれぞれのサイドビームがトラック中心から $\pm 1/4$ トラックピッチだけずれた位置に照射されるように、各レーザ光の波長 $\lambda_a$ 及び $\lambda_b$ は設定されている。

【0045】光ディスクからの反射光を検出する光検出器は、それぞれのメインスポット及びサイドスポットに対応して配される。本実施例では、+1次のサイドスポット81a, 81bに対応する光検出器と、-1次のサイドスポット82a, 82bに対応する光検出器とを、それぞれ1つの光検出器68, 69で共通化して用いている。また、メインスポットの反射光は、同一位置に導かれるように光源50a, 50bの位置を設定している。これにより、光ディスクのトラックピッチにより、光源を選択して用いるが、光検出器は共通して使用できるようになっている。

【0046】ここで、各エラー信号と再生信号の生成について説明する。まず、再生信号はメインスポットの反射光を検出する光検出器67の光検出部67a~67dで得られる信号の総和によって得られる。この場合、それぞれの光検出部で得られる出力をS67a~S67dとすると、再生信号=(S67a+S67b)+(S67c+S67d)によって得られる。フォーカスエーラ信号は、非点収差法により、メインスポットの反射光を検出する光検出器67の対角部分の光検出部で得られる信号の差信号、すなわち、フォーカスエーラ信号=(S67a+S67b)-(S67c+S67d)によって得られる。トラッキングエラー信号は、 $\pm 1$ 次のサイドスポットの反射光を検出する光検出器で得られる信号の差信号、すなわち、トラッキングエラー信号=(69の出力)-(68の出力)によって得られる。

【0047】このように、本実施例によれば、光ディスクのトラックピッチ及び記録密度に応じて光源の波長を最適に選ぶので、トラッキングエラー信号や再生信号の変調度(信号振幅)が最適状態となり、異なる規格のディスクであってもS/Nの良いエラー信号が得られる。また、回折格子が1枚で済み、且つサイドスポットの位置を変えるような回折格子の駆動機構等が必要でなくなる。よって光ピックアップ装置のダウンサイジング化が可能となる。

【0048】さらに、上述した原理(B)を用いた光ピックアップ装置の別の実施例を図11乃至図14を参照して説明する。この実施例では、図14に示すように、半導体レーザ、光検出器及びホログラムをユニット化し、このユニット90からの射出光を対物レンズ112を介して光ディスク113に照射し、その反射光を同一の経路を戻してユニット90内に入射させるように構成されている。なお、これらの図において、図11は、ユニット化された部分の側面図、図12(a)は、半導体基板部分の平面図、図12(b)は、a-a'に沿った

断面図、そして、図13は、光検出部分の拡大した平面図である。

【0049】このユニット90は、半導体基板109を備えており、この半導体基板上には、半導体レーザ101a、101bをマウントすると共に、これらの半導体レーザのx方向両サイドに、y方向に並んで、それぞれ3個の光検出器106、107、108及び103、104、105をそれぞれ形成する。これらの光検出器のうち、中央の光検出器107及び104は、それぞれy方向に3分割された受光部107a、107b、107c及び104a、104b、104cで構成されている。また、半導体レーザ101a及び101bは、半導体基板109にエッチングにより形成した凹部102aにマウントされ、その凹部102aのエッチングによる斜面102bをミラー面として、半導体レーザ101a、101bから半導体基板109の平面と平行な方向に射出される光束を、ミラー面102bで半導体基板109の略法線方向に反射させる。なお、半導体レーザ101a、101bの後方には、光出力モニタ用光検出器111が配されており、ここからの出力に基づいてレーザパワーが制御される。

【0050】半導体基板109上には、透明層を介してHOE100が配されている。このHOE100には、半導体基板側の表面に各半導体レーザ101a、101bからの光束を、0次光、±1次光に回折させるグレーティング100aが、半導体基板と反対側の表面にホログラムパターン100bがそれぞれ形成されている。このホログラムパターン100bは、図示されていない光ディスクからの戻り光の±1次回折光に、互いに逆方向のパワーを与えるように、以下の式を満足するパターンを持って形成する。 $f(x, y) = Fx + Gx^2 + Hy^2 - n\lambda = 0$ 、ただし、nは整数、λは波長、F、G、Hは定数である。なお、x、y、z座標の原点は、光軸とホログラム面の交点とし、光軸方向をz軸、ホログラムの回折方向をx軸としている。

【0051】上記構成において、例えば、半導体レーザ101aからの射出光は、ミラー面102bで反射された後、グレーティング100aで1本のメインビームと2本のサブビームとの3本のビームに分離され、それぞれ対物レンズ112を介して光ディスク113に照射される(図14参照)。これらの3本の光束の光ディスクからの戻り光は、逆の経路をたどってホログラムパターン100bに入射してそれぞれ回折され、メインビームの±1次回折光が、中央の光検出器107、104にそれぞれ入射し、一方のサブビームの±1次回折光が、例えば光検出器106及び103に、他方のサブビームの±1次回折光が、光検出器108及び105にそれぞれ入射する。なお、ホログラムパターン100bは、±1次回折光に互いに逆方向のパワーを与えるように構成されているので、各光束の例えば、+1次回折光は、半導

体基板109の後方で焦点を結び、-1次光は前方で焦点を結ぶことになる。

【0052】ここで、光ディスク113に対して対物レンズ112が合焦位置にあるとき、図12に示すように、光検出器107及び104に入射するそれぞれの光束のスポット107Sa及び104Saの大きさが等しく、かつそれらのスポット107Sa及び104Saの中心が、受光領域107b、104bの中心にそれぞれ位置するように設定すれば、対物レンズ112が合焦位置よりも光ディスク側に近付いたときと反対に遠ざかったときには、非合焦の方向に応じてスポット107Sa及び104Saの大きさが反転する。従って、光検出器107の受光部107a、107b、107cの出力を、それぞれA1、A2、A3とし、光検出器104の受光部104a、104b、104cの出力を、それぞれA4、A5、A6とすると、フォーカスエラー信号FESは、 $FES = (A1 + A5 + A6) - (A2 + A3 + A4)$ で得られる。また、トラッキングエラー信号TESは、光検出器106、108、103、105の出力を、それぞれB1、B2、B3、B4とすると、スリービーム法により、 $TES = (B1 + B3) - (B2 + B4)$ で得られる。

【0053】一方、半導体レーザ101bを発光させた場合、光ディスクからの反射光は、図12で図示する光検出器106、107、108、103、104、105上の点線で示したスポットとなる。なお、フォーカスエラー信号、トラッキングエラー信号の生成方法は前記半導体レーザ101aを発光させた場合と同じであるため、説明は省略する。もちろん、この実施例においても、2つの半導体レーザ101a、101bから射出されるレーザ光の波長λa及びλbは、再生する光ディスク113の2つのトラックピッチPa、Pbに対して、 $\lambda a / Pa = \lambda b / Pb$ を満足する波長を有するレーザチップとなっている。

【0054】このように、光検出手段、2つの光源を同一基板上に形成し、かつHOEに3ビーム生成手段と、フォーカスエラー用ビーム生成手段を設け、同一パッケージ内に納めてユニット化を図っているため、互換性のある光ピックアップ装置の小型化が図れる。

【0055】さらに、図12の光検出部104a～104c及び107a～107cの大きさ(y方向の幅)を、図13に示すように使用する光源に対応するスポットの大きさに合わせて変えることが好ましい。すなわち、図12及び図13に示すように、光源101a使用時のスポット104Sa及び107Saと、光源101b使用時のスポット104Sb及び107Sbとは、共に、光検出部104b及び107bに入射する部分の面積(図13のスポット107Sa、107Sbの斜線部)のスポット全体の面積に対する比率が等しくなるように、光検出部104及び107は形成されている。こ

の場合、スポット107Sa及び104Saを受光する部分の光検出部104b及び107bの幅は1aであり、スポット107Sb及び104Sbを受光する部分の光検出部104b及び107bの幅は、それよりも広い1bとなっている。

【0056】ここで、フォーカスエラー信号FESは、それぞれ光検出部104a, 104b, 104c及び107a, 107b, 107cからの出力を、A4, A5, A6及びA1, A2, A3とすると、 $FES = (A5 + A1 + A3) - (A2 + A4 + A6)$ で得られる。この式に対して、フォーカスエラー信号を光検出部104a, 104b, 104c及び107a, 107b, 107cの出力の総和で規格化した信号(FE)を考える。光検出部104a, 104b, 104cの出力の総和P4の大きさと、光検出部107a, 107b, 107cの出力の総和P7の大きさは等しく、その値をP<sub>SUM</sub>とする。すると、

$$(FE) = ((A5 + A1 + A3) - (A2 + A4 + A6)) / 2P_{SUM} = ((A1 + A3 - A2) - (A4 + A6 - A5)) / 2P_{SUM} \dots\dots (i) \text{となる。}$$

【0057】各光検出部の出力は、それが受光しているスポットの面積に比例するので、(i)式の右辺は、光検出部に入射したスポットの全体の面積と、全体から中央の光検出部に入射する部分の面積を除いた面積の比になっていることが分かる。よって、本実施例においては、使用する光源が変わっても、光検出部104b及び107bに入射するスポットの面積と、スポット全体の面積との比が一定であるので、上記(i)式の右辺が、光源の波長によらず一定となり、半導体レーザの出力を一定とすれば、常に同じ大きさのフォーカスエラー信号を得ることができる。つまり、フォーカスエラー信号の検出感度を一定にすることができる。

【0058】このように、本実施例では、使用する光源の波長によらず、フォーカスエラー信号の検出感度が一定となるので、光源を変えるごとに、電氣的に感度補正等を行う必要がなくなり、常に安定したフォーカシングを保つことができる。

【0059】以上、本発明の実施例を説明したが、本発明は、上述した形式の光ピックアップ装置に限定されることはなく、上記した原理(A)または(B)を用いていれば、どのような形式の光ピックアップ装置であっても差支えない。

【0060】以下、本発明の実施の態様を、上記した特許請求の範囲の請求項を引用して以下に記載する。

(1) 前記レーザ出力手段と光検出部とは同一基板上に形成されており、前記式を満たす光学系の回折手段はホログラム素子であり、これらはユニット化されていることを特徴とする、請求項1に記載の光ピックアップ装置。

(2) 前記光ピックアップ装置は、記録／再生動作が

実行される光学的記録媒体のトラックピッチに応じて、前記波長の異なるレーザ光を射出する複数の光源の中から所定の光源を選択する選択手段を有していることを特徴とする、請求項2に記載の光ピックアップ装置。

(3) 前記レーザ出力手段と光検出部とは同一基板上に形成されており、前記メインスポット及びサブスポットを形成する回折手段とフォーカスエラー用ビーム生成手段とを1つのホログラム素子として構成し、これらをユニット化したことを特徴とする、請求項2又は上記

(2)に記載の光ピックアップ装置。

(4) 前記光検出器は、前記複数の光源でそれぞれ得られる異なるスポットサイズに対応して、同一の検出感度が得られるように構成されていることを特徴とする、上記(3)に記載の光ピックアップ装置。

【0061】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、異なる光ディスクに対応してヘッド部分を駆動するための駆動機構を必要としない互換性のある光ピックアップ装置が得られる。また、本発明によれば、異なる光ディスクを用いて記録／再生を行う場合、光ディスクに照射される光量が劣化するようなことがないため、良好な検出信号を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)は、一般的な光ピックアップ装置の概略構成を示す図、(b)は、3スポットによるトラッキングエラー信号の生成方式の説明図。

【図2】本発明の原理を説明するための図であり、

(a)は、光ディスクのトラックピッチとランド幅を示す図、(b)は、異なるトラックピッチを有する3種類の光ディスクを拡大した図であり、それぞれの光ディスクにおいて、サイドスポットがランドエッジに位置したときの状態を示す図、(c)は、トラックピッチの狭い光ディスクから広い光ディスクにしたときのサイドスポットの状態を示す図。

【図3】サイドスポットの中心を、トラックピッチ1.4μmの光ディスクのランドエッジに位置させた状態において、トラックピッチが1.6μm及び1.15μmの光ディスクにしたときのサイドスポットによる信号の感度劣化を示すグラフ。

【図4】図3の続きを示すグラフ。

【図5】異なるトラックピッチを有する3種類の光ディスクを拡大した図であり、それぞれの光ディスクにおいて、図2(b)で示す位置と異なる位置でサイドスポットがランドエッジに位置したときの状態を示す図。

【図6】異なるトラックピッチを有する3種類の光ディスクを拡大した図であり、それぞれの光ディスクにおいて、図2(b), 図5で示す位置と異なる位置でサイドスポットがランドエッジに位置したときの状態を示す図。

【図7】本発明の原理を説明するための図であり、

(a) は、一般的な 3 ビーム法による光ピックアップ装置の概略を示す図、(b) は、回折格子の構成及び配置状態を示す図、(c) は、トラックピッチが狭い光ディスクの 3 つのスポット状態を示す図、(d) は、トラックピッチが広い光ディスクの 3 つのスポット状態を示す図。

【図 8】 (a) は、本発明の実施例を説明するための光ピックアップ装置の概略を示す図、(b) は、(a) の図において立上げミラー部分を示す図、(c) は、

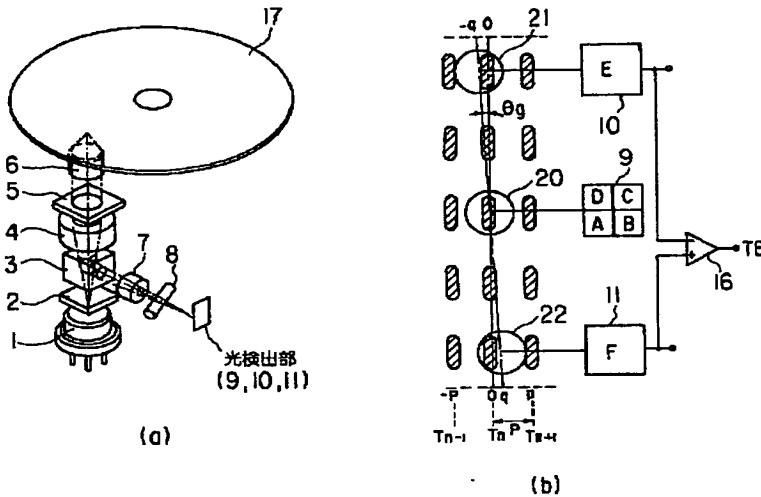
(a) の図において、光検出器の部分を示す図。

【図 9】 本発明の別の実施例を説明するための光ピックアップ装置の概略を示す図。

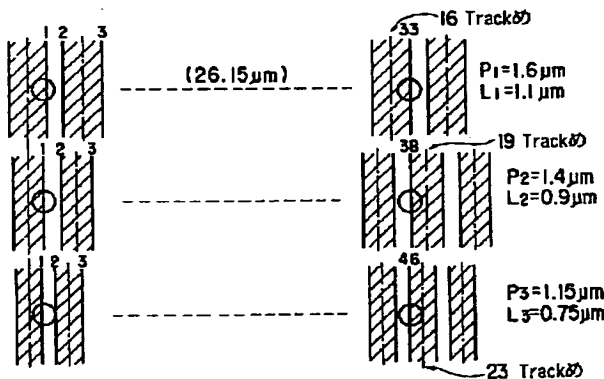
【図 10】 図 9 に示した光ピックアップ装置において、トラックピッチの異なる 2 種類の光ディスクを用いた場合を示すと共に、光検出部分を拡大して示す図。

【図 11】 本発明のさらに別の実施例を説明するための光ピックアップ装置の概略を示す図。

【図 1】



【図 5】



【図 12】 図 11 に示された光ピックアップ装置において、(a) はシリコン基板部分の平面図、(b) は、(a) の図において、a-a' 線に沿った断面図。

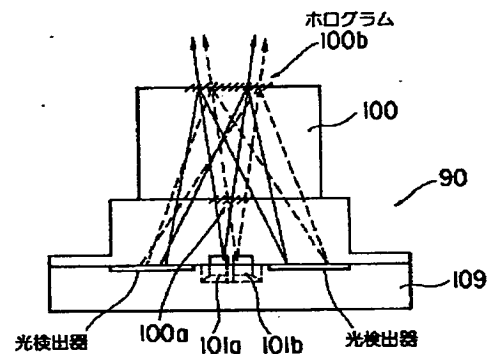
【図 13】 図 11 に示された光ピックアップ装置において、光検出器部分を拡大した平面図。

【図 14】 図 11 に示された光ピックアップ装置において、光ディスクとの配置関係を示した概略図。

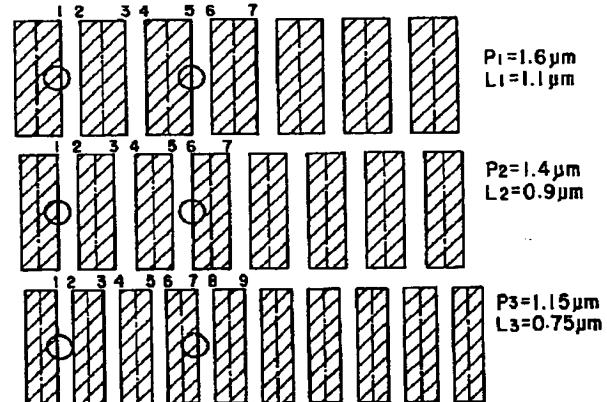
【符号の説明】

20…レーザ光源、22…回折格子、30…光ディスク、40, 41…光検出器、50a, 50b…レーザ光源、53…回折格子、60a, 60b…光ディスク、67, 68, 69…光検出器、90…ユニット、100…HOE、100a…グレーティング、100b…ホログラムパターン、101a, 101b…半導体レーザ、103~108…光検出器、109…半導体基板、113…光ディスク。

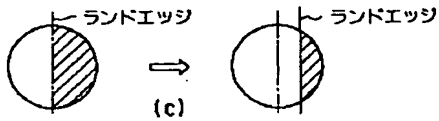
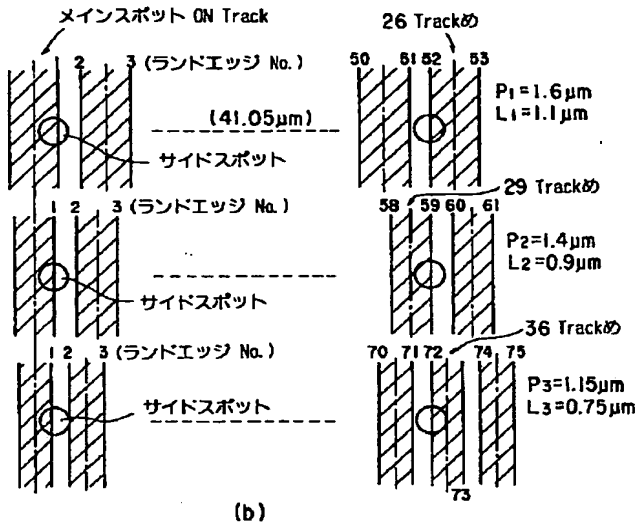
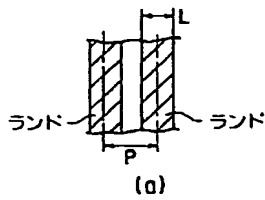
【図 11】



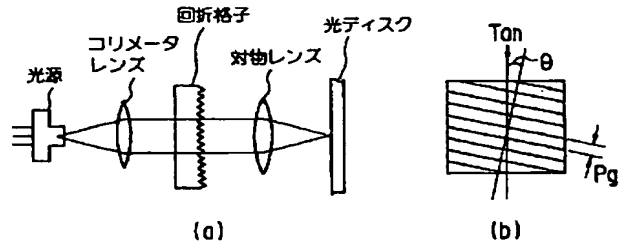
【図 6】



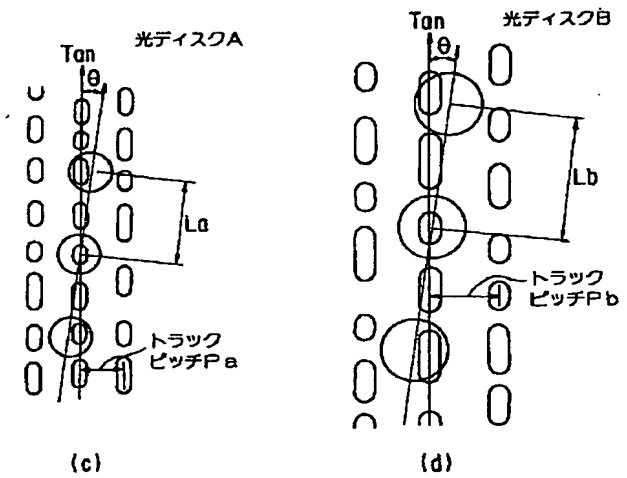
【図 2】



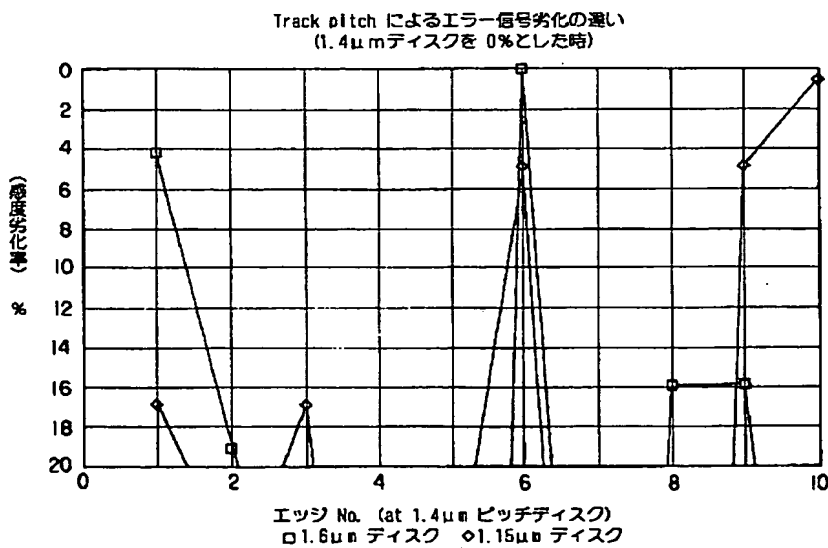
【図 7】



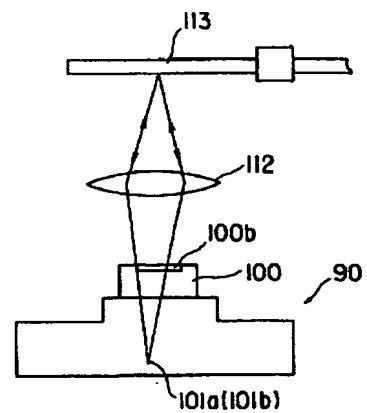
(b)



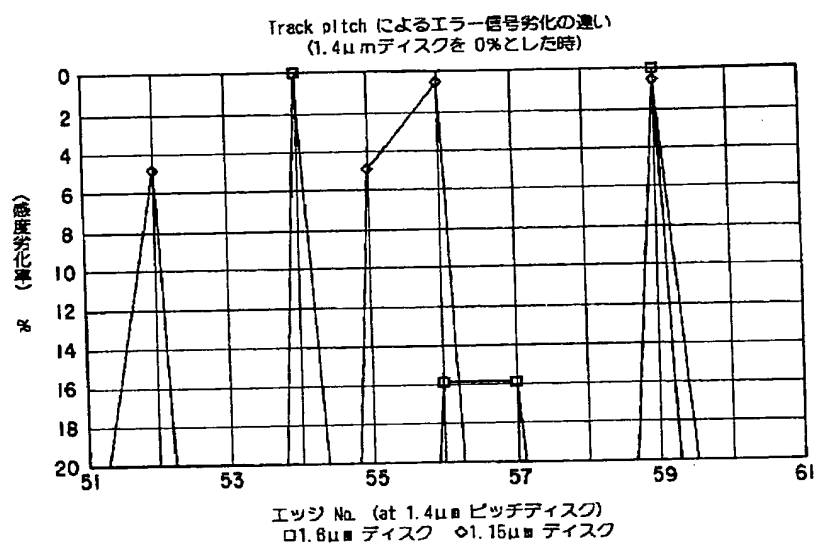
【図 3】



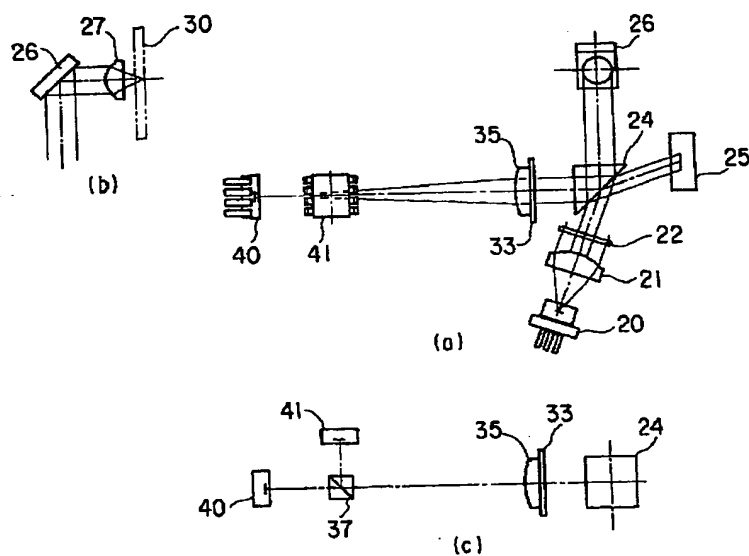
【図 14】



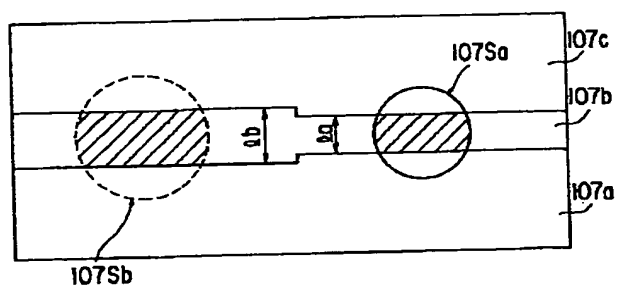
【図 4】



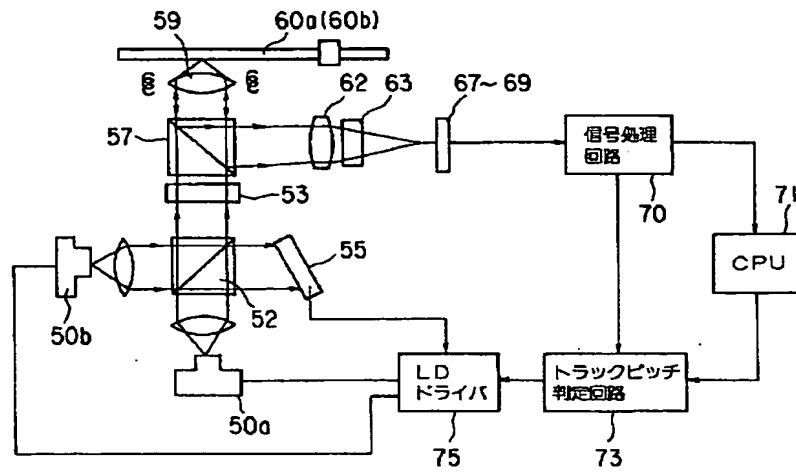
【図 8】



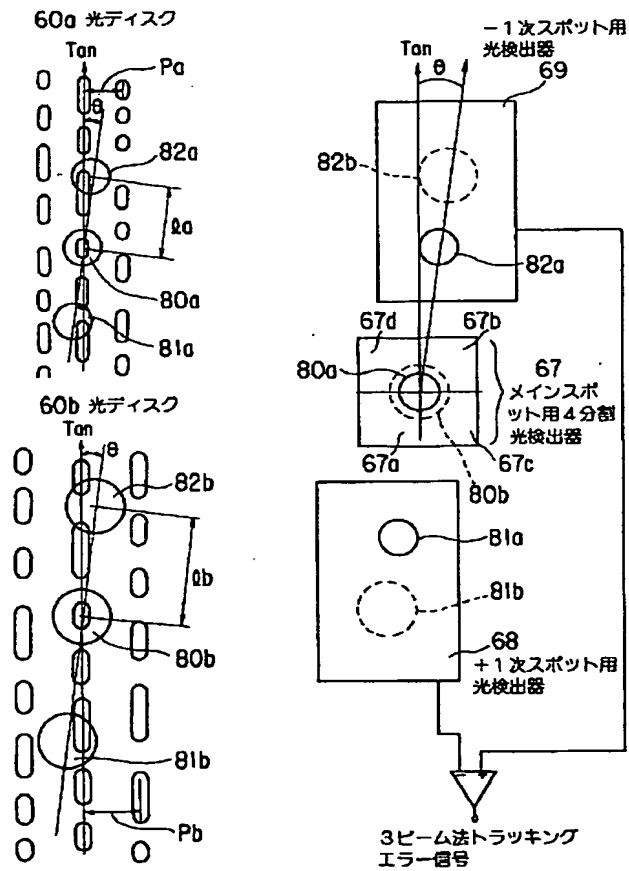
【図 13】



【図 9】



【図 10】



【図 12】

